

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 03-150447

(43)Date of publication of application : 26.06.1991

(51)Int.Cl.

G01N 21/17
G01N 33/20
G02B 21/14

(21)Application number : 01-289361

(71)Applicant : NIPPON STEEL CORP

(22)Date of filing : 07.11.1989

(72)Inventor : YOSHITOMI YASUNARI

(54) METHOD AND APPARATUS FOR ANALYZING CRYSTAL STRUCTURE

(57)Abstract:

PURPOSE: To accurately and efficiency analyze a crystal structure by using the optical microscopic image for which a phase difference method is used as an original image and recognizing the grain boundary by binarization.

CONSTITUTION: The optical microscopic image for which the phase difference method is used is used as the original image and the grain boundary is regulated to be recognized by the binarization. A variable threshold method is used in the binarization to extract the grain boundary in addition to technology and further, the grain boundaries cut here and there are restored by using the removal of isolated points, graphic expansion, graphic contraction, and formation of finer lines after the grain boundary is extracted by the binarization. The crystal structure analyzing apparatus consisting of the optical microscope which can produce the phase difference image and an image analyzing machine which makes the calculation to extract the grain boundary of the optical microscopic phase difference image of the crystal structure by the binarization is provided. The crystal structure is analyzed with the high accuracy and the high efficiency in this way.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平3-150447

⑬ Int.Cl.⁵

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成3年(1991)6月26日

G 01 N 21/17
33/20
G 02 B 21/14

A 7458-2G
M 7906-2G
8708-2H

審査請求 未請求 請求項の数 4 (全7頁)

⑮ 発明の名称 結晶組織の解析方法及び装置

⑯ 特 願 平1-289361

⑰ 出 願 平1(1989)11月7日

⑱ 発 明 者 吉 富 康 成 福岡県北九州市八幡東区枝光1-1-1 新日本製鐵株式
會社第3技術研究所内

⑲ 出 願 人 新日本製鐵株式会社 東京都千代田区大手町2丁目6番3号

⑳ 代 理 人 弁理士 大関 和夫

明 細 書

1. 発明の名称

結晶組織の解析方法及び装置

2. 特許請求の範囲

(1) 結晶組織を画像解析を用いて解析する方法において、位相差法を用いた光学顕微鏡像を原画像とし、粒界を二値化によって認識することとを特徴とする結晶組織の解析方法。

(2) 粒界を抽出する二値化において、可変しきい値法を用いることを特徴とする請求項1記載の結晶組織の解析方法。

(3) 粒界を二値化により抽出した後、孤立点除去、図形の膨張、図形の収縮、細線化を用いて、切れ切れの粒界を修復することとを特徴とする請求項1または2記載の結晶組織の解析方法。

(4) 位相差像現出可能な光学顕微鏡と、結晶組織の光学顕微鏡位相差像の粒界を二値化によって抽出する計算を行う画像解析機からなることを特徴とする結晶組織の解析装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は結晶組織の解析方法及びそのための装置に関するものである。

(従来の技術)

結晶組織の解析には、一般に、(1)光学顕微鏡写真の各結晶粒を切り出し、重量を測定することによって各結晶粒の面積、粒径を求める方法、(2)光学顕微鏡像(又は写真)上に直線を描き、その直線を横切る粒界の数から平均粒径を求める方法、(3)単位面積内の結晶粒の数から結晶粒の平均面積、平均粒径を求める方法、(4)光学顕微鏡写真の粒界をマニュアルでトレースして、トレース像を画像解析機を用いて解析する方法等が行われている。

しかし、(1)、(4)の場合には、効率が極めて悪く、(2)、(3)の場合には、結晶組織の平均情報だけで、粒径分布、粒の形状等金属学的に重要な量が測定できない等の問題がある。

一方、鉄鋼等材料中の結晶組織は、機械的性質、磁氣的性質に大きな影響を与える因子であり、結晶組織を制御することは、材料科学の重要な学問

分野の1つとなっている。このような製品特性への影響に加えて、各材料の製造技術の中でも、結晶組織制御は重要な役割をもっている。例えば、方向性電磁鋼板は、二次再結晶現象を利用し、集積度の高い結晶方位粒を得ることによって製造されているが、その二次再結晶に先立つ一次再結晶組織の結晶粒の平均粒径、粒径分布が二次再結晶の良、不良、二次再結晶粒の方位、製品の特性に影響を与えることが知られている。さらに結晶粒径が製品の加工性に影響を与え、製造工程途中での結晶粒径が冷延再結晶後の集合組織に影響を与えることもよく知られている。

この様な背景をみまえ、近年精度、効率共に優れた結晶組織解析方法の開発が要望されてきた。
〔発明が解決しようとする課題〕

本発明は、結晶組織を精度良く、効率的に解析することが難しいという問題点を解決する方法及び装置を提供するものである。

〔課題を解決するための手段〕

本発明は、結晶組織を画像解析を用いて解析す

る方法において、位相差法を用いた光学顕微鏡像を原画像とし、粒界を二値化によって認識する方法を提供するものである。また、上記技術に加えて、粒界を抽出する二値化において、可変しきい値法を用いる方法を提供するものである。また、さらに上記技術に加えて、粒界を二値化により抽出した後、孤立点除去、図形の膨張、図形の収縮、細線化を用いて切れ切れの粒界を修復する技術を提供するものである。また、位相差像現出可能な光学顕微鏡と結晶組織の光学顕微鏡位相差像の粒界を二値化によって抽出する計算を行う画像解析機からなる結晶組織解析装置を提供するものである。

本発明は、鉄鋼等材料中の結晶組織を解析する際に、従来、一般に用いられていた(1)光学顕微鏡写真の各結晶粒を切り出し、重量を測定することによって各結晶粒の面積、粒径を求める方法、(2)光学顕微鏡像(又は写真)上に直線を描き、その直線を横切る粒界の数から平均粒径を求める方法、(3)単位面積内の結晶粒の数から結晶粒の平均面積、

3

平均粒径を求める方法、(4)光学顕微鏡写真の粒界をマニュアルでトレースして、トレース像を画像解析機を用いて解析する方法が精度、効率、情報量等の点で問題があるところを、光学顕微鏡の位相差像を画像解析することによって結晶組織を高精度、高効率に解析することを目的とする。

本発明者らは、結晶組織の解析のための種々の方法を広汎に互って検討した結果、試料の凹凸を明暗のレベル差として現出させる光学顕微鏡の位相差像を原画像として用い、粒界を二値化によって抽出することが極めて有効であるという新知見を得た。また、通常、位相差像のマトリックスの明暗が場所によって異なることから、二値化に際し、固定しきい値法よりも可変しきい値法の方が精度が高まるという新知見を得た。さらに粒界を二値化によって抽出した後、通常、粒界は切れ切れになっており、さらに研磨キズ、介在物等のノイズを含んでおり、この二値画像を、孤立点除去、図形の膨張、図形の収縮、細線化を用いて、粒界のみが含まれる画像へ変換することが極めて有効

5

4

であるという新知見を得た。

次に本発明の構成要件の限定理由について述べる。

本発明において、結晶組織を画像解析を用いて解析する方法において、位相差法を用いた光学顕微鏡像を原画像とし、粒界を二値化によって認識すると規定したのは、位相差法が試料の凹凸を明暗のレベル差として現出させる方法であり、通常の腐食で現出しにくい小傾角粒界でもマトリックスと明暗差をつけることが可能であるため、二値化によって粒界を抽出するのに有利なためである。

光学顕微鏡像を画像解析機に入力する方法は特に限定しない。光学顕微鏡写真をテレビカメラを用いて入力する方法、光学顕微鏡から電気信号で直接画像解析機に入力する方法等いずれの方法でもよい。また、入力画像に対する濃淡画像の画像処理に関しては特に限定しないが、シェーディング補正、スムージング、濃淡レベルの規格化等を行うことは、精度向上の点で好ましい。

また、上記発明に加えて、粒界を抽出する二値

6

化において、可変しきい値法を用いると規定したのは、光学顕微鏡の位相差像のマトリックスの明暗レベルは場所的に連続的に変化しており、固定しきい値法で二値化するよりも可変しきい値法で二値化の方が粒界を抽出するのに有効なためである。可変しきい値法は、通常、画像の場所によって二値化のしきい値を変える方法であるが、スムージング等によってバックグラウンドの濃淡レベルを求め、バックグラウンドより所定の濃淡レベルだけ高い領域を抽出する方法、画像をいくつかの領域に分割して、各領域において判別分析法で二値化する方法等いずれの方法でもよい。

さらに上記発明に加えて、粒界を二値化によって抽出した後、孤立点除去、図形の膨張、図形の収縮、細線化を用いて、切れ切れの粒界を修復すると規定したのは、粒界を二値化によって抽出した後、通常、粒界は切れ切れになっており、研磨キズ、介在物等のノイズを含んだ画像になっているため、この二値化像をノイズを含まず、粒界が完全につながった画像へと変換するためには、孤

立点除去によるノイズ除去と、図形の膨張による切れ切れの粒界の接続及びひき続く図形の収縮により粒界の幅を元に戻す処理と、粒径等の測定のために粒界幅を最小にする細線化が有効なためである。

さらに、二値化像を粒界のみの像へ修復する際、孤立点除去—図形の膨張—図形の収縮を一連の処理とし、孤立点除去のサイズ、図形の膨張の膨張幅（—図形の収縮の収縮幅）を小さい値から大きい値へ変えて、上記一連の処理を繰り返すことは精度向上の点でさらに好ましい。

細線化の方法については特に限定しない。

Hilditchの方法、鶴岡の方法、横井の方法、

Dentschの方法、田村の方法等いずれの方法でもよい。

さらに、細線化後、孤立点除去、ヒゲ除去、欠線連結等を適時行うことは精度向上の点でさらに好ましい。

また、上記発明に加えて、位相差像現出可能な光学顕微鏡と、結晶組織の光学顕微鏡位相差像の

7

粒界を二値化によって抽出する計算を行う画像解析機からなる結晶組織の解析装置と規定したのは、本発明のアルゴリズムでの結晶組織解析を行うためには、上記ハードが必要なためである。また、上記規定以外の光学顕微鏡及び画像解析機の仕様については特に限定しない。

また、本発明のアルゴリズムに従って、結晶粒界が認識された後、必要に応じて、粒界の切れている部分をマニュアルで結ぶことも、極めて高い精度を必要とする場合は行ってもよい。その後通常、結晶粒のサイズ（円相当径）、真円度、周囲長、縦横比等が測定される。

〔実施例〕

実施例 1

C : 0.0010%, Si : 3.25%, Mn : 0.14%, S : 0.006%, 酸可溶性 Al : 0.026%, N : 0.0081% を含有し、残部は Fe および不可避免的不純物からなる 0.285 mm 厚の珪素鋼焼鈍板の断面を光学顕微鏡観察用に研磨した後ナイターで腐食し、光学顕微鏡で位相差像を現出して、

9

8

テレビカメラより画像を画像解析機に入力し、第 1 図に示す画像解析フローを用いて、粒界像を作成した。原画像（位相差像）(a)、粒界像 (b) を第 2 図に示す。

実施例 2

C : 0.0015%, Si : 3.28%, Mn : 0.15%, S : 0.007%, 酸可溶性 Al : 0.027%, N : 0.0083% を含有し、残部 Fe および不可避免的不純物からなる 0.285 mm 厚の珪素鋼板の断面を光学顕微鏡観察用に研磨した後ナイターで腐食し、光学顕微鏡で位相差像を現出して、テレビカメラより画像を画像解析機に入力し、第 1 図に示す画像解析フローを用いて粒界像を作成した後、各結晶粒の直径（円相当直径）を測定し、その平均値と標準偏差を計算した。また、比較のため、画像解析機に入力した位相差像の粒界をマニュアルでトレースし、トレース像と同様に各結晶粒の直径の平均値と標準偏差を測定した。また、上記位相差像をマニュアルしきい値指定二値化法で粒界を抽出し、同様に各結晶粒の直径の平均値

10

と標準偏差を測定した。上記測定結果を第1表に示す。

第 1 表

解析法	平均直径 (μm)	直径の 標準偏差 (μm)	備 考
本 発 明 法	2 1.5	1 0.0	本発明
ト レ ース 法	2 1.0	9.7	比較例
マニュアル しきい値指定法	2 9.3	1 5.1	比較例

実施例 3

C : 0.0011%, Si : 3.21%, Mn : 0.14%, S : 0.007%, 酸可溶性Al : 0.028%, N : 0.0078% を含有し、残部Feおよび不可避免的不純物からなる0.285mm厚の珪素鋼板の断面を光学顕微鏡観察用に研磨した後ナイタールで腐食し、光学顕微鏡で位相差像を現出して、テレビカメラより画像を画像解析機に入力し、第1図に示す画像解析フローを用いて粒界像を作成した後、各結晶粒の直径(円相当直径)を測定し、粒

径分布を計算した。また、比較のため、画像解析機に入力した位相差像の粒界をマニュアルでトレースし、トレース像で同様に各結晶粒の直径を測定し、粒径分布を計算した。本発明法、トレース法での結果を第3図に示す。

〔発明の効果〕

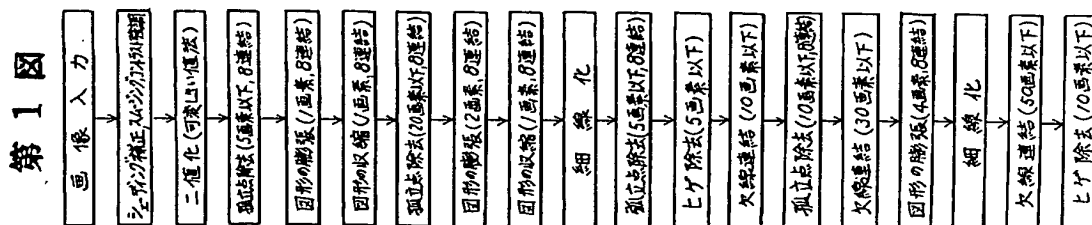
以上のとおり、本発明によれば、鉄鋼等材料の機械的性質、磁気的性質に大きな影響を与え、かつ各材料の製造技術の中でも重要な金属学的因子である結晶組織における結晶粒のサイズ、分布状態等の高精度な解析が効率よく行えるため、その学問的、工業的效果は大である。

4. 図面の簡単な説明

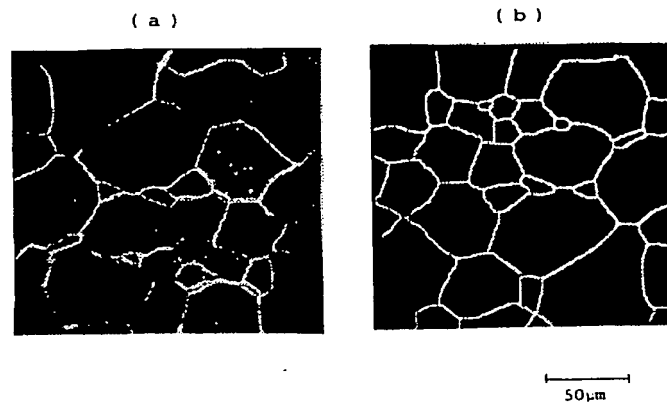
第1図は、結晶組織の光学顕微鏡位相差像を原画像として、粒界像を得るための画像解析フローであり、第2図は、(a)結晶組織の光学顕微鏡位相差像と、(b)本発明法を用いて得られる粒界像の例を示す結晶組織の光学顕微鏡写真図であり、第3図は、本発明法及びトレース法で得られた結晶粒径分布の例である。

1 1

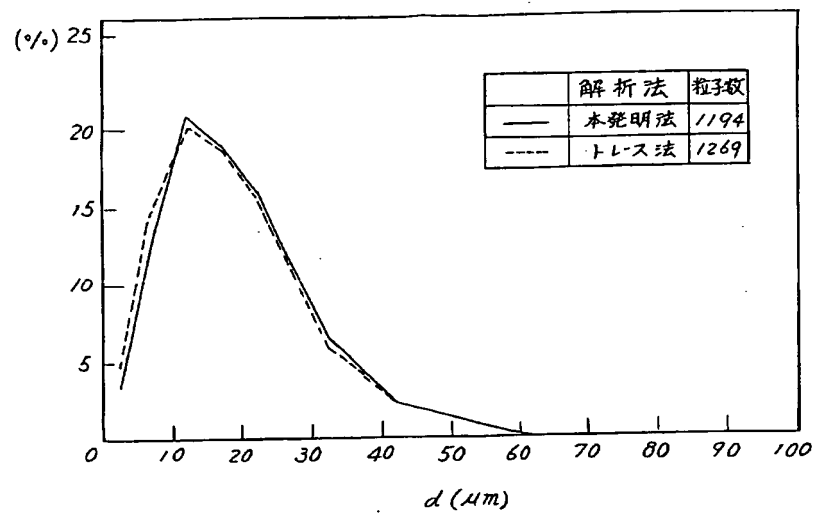
1 2



第2図



第3図



手 続 補 正 書 (自 発)

平成 2 年 5 月 28 日

(1) 明細書 5 頁 8 行「広汎」を「広範」に補正する。

(2) 同 1 2 頁 1 8 行「光学顕微鏡写真図」を「写真図」に補正する。

(3) 第 1 図 及び 第 2 図 を 別 紙 の 通 り 夫 々 補 正 する。

特許庁長官 吉 田 文 毅 殿

1. 事件の表示

平成 1 年特許願第 2 8 9 3 6 1 号

2. 発明の名称

結晶組織の解析方法及び装置

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

東京都千代田区大手町二丁目 6 番 3 号

(665) 新日本製鐵株式会社

代表者 山 本 全 作

4. 代 理 人 〒100

東京都千代田区丸の内二丁目 4 番 1 号

丸ノ内ビルヂング374区 TEL 201-4818

弁理士 (6480) 大 関 和 夫

5. 補正命令の日付 平成 年 月 日

6. 補正の対象

明細書の発明の詳細な説明の欄、図面の簡単な説明の欄及び図面

7. 補正の内容

方 式 審 査



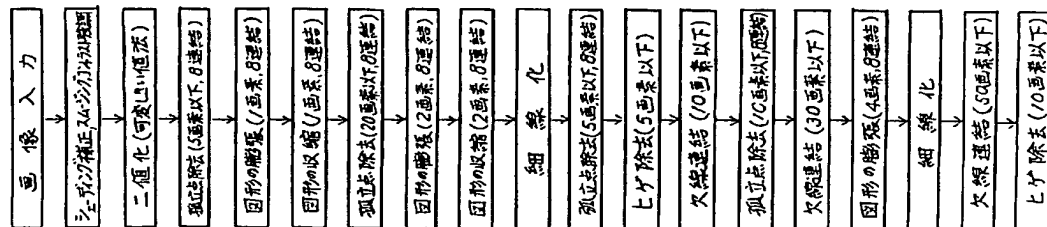
1

2. 5. 29

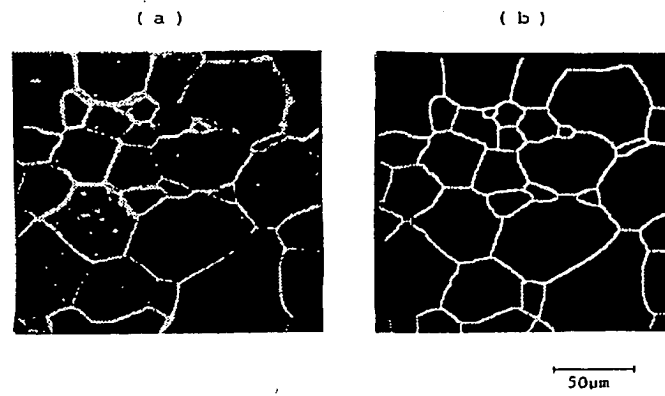


2

第 1 図



第2図



THIS PAGE BLANK (USPTO)